刊期：第四期 栏目：BIM 技术与应用

珠海横琴国际金融中心大厦项目智慧工地集成化应用

周永明[1]，苏章[2]，苏前广[3]

（中建三局第一建设工程有限责任公司，湖北 武汉 430000）

摘要：横琴国际金融中心大厦基于智慧工地理念，对协同平台、BIM、物联网等方面进行了一系列的研究与开发。在协同平台方面，打通项目横向与公司纵向的数据传递链条，消除数据孤岛；在BIM 方面，利用 AR/、VR、/无人机、/激光扫描等先进设备，辅助深化设计，利用施工模拟核查方案可行性；物联网平台致力于实现现场数据的自动收集、监管、分析，为项目管理提供坚实的数据基础。

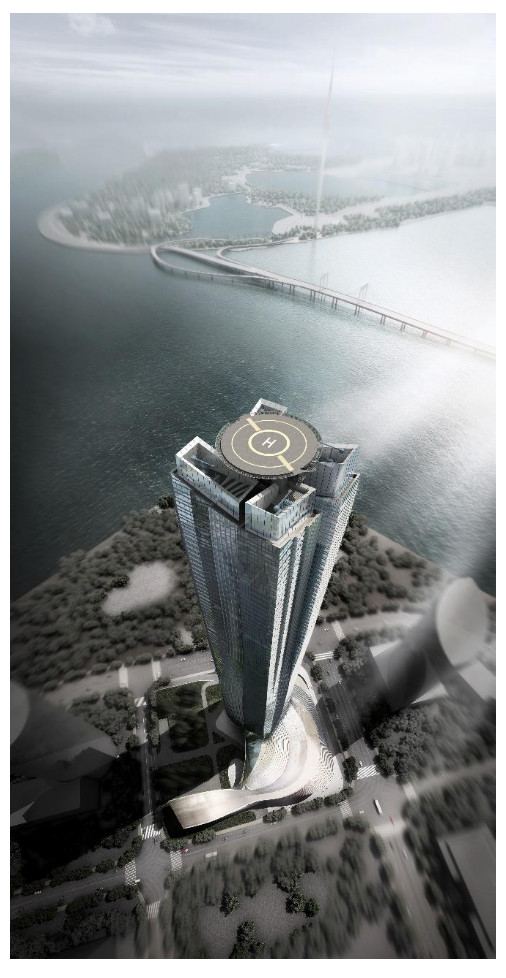
关键词：智慧工地，；协同工作，；BIM，；物联网，；云平台，；集成化，；人员管理。

1 工程背景介绍

1.1 项目简介

横琴国际金融中心大厦工程位于珠海横琴新区十字门中央商务区横琴片区离岸金融岛 8 号地块，总建筑面积 21.92 万平米㎡，建筑高度 337 米 m，塔楼 69 层，裙楼 4 层，地下室 4 层。，是甲级写字楼、商业会展、餐饮与商务公寓等多种业态于一体的城市综合体，也是在建的珠海澳门第一高楼。





作者简介：周永明（1991—），男，汉族，技术中心研究员，主要研究方向：BIM 与施工管理研究方向。
苏章（1988—），男，汉族，技术中心 BIM 研究室主任，BIM 与施工管理研究方向。
苏前广（1991—），男，汉族，技术中心研究员，BIM 与施工管理研究方向。

图 1　IFC 项目效果图

1.2　工程特点和难点

本项目具有品质定位高、工期紧、总包协调量大、造型复杂、工艺要求高等特点，在协同管理等多方面对智慧工地物联网技术提出了很高的要求：①本项目争创鲁班奖，全国建筑业绿色施工示范工程，在管理上有很高的要求；②办公塔楼采用了智能化顶升模架系统并采用了塔吊不倒梁顶升的新技术，项目安全监控要求高；③总工期仅 1 151 天，且工程体量大，专业分包多，现场各专业同时施工工作面协调难度大，传统计划管理方式自动化低，管理过程繁琐，容易出现过程管理缺失等问题，无法满足本项目管理需要。

2　组织与应用环境

2.1　应用目标

项目通过 BIM 相关技术的应用，引入无人机航测、激光扫描、AR/VR 等新技术，依托物联网、云平台等信息系统，实现信息互联，同时将“物联网+”理念与工程项目实施过程中的进度、安全、质量、技术等管控要素相结合让新技术有机的结合在一起，打造智慧工地，让工地成为“生命体”。消除数据孤岛、打通数据传递链条，提升建设工地监督管理水平，促进建设工程科技创新，最终实现精益建造的目标。其具体功能分工情况如图 2 所示。



图 2　智慧工地总体框架

2.2　软硬件配置

选用软件是项目应用的关键，要明确选用平台的功能和特点，支撑项目各项应用目标。软件选用优势互补、数据共享、高效协同是打造智慧工地、实现精益建造的核心[1]，~~。~~如表 1 所示。

表 1　软件选用

管理平台相关软件	BIM 应用相关软件
基于 BIM 的智慧工地物联网管理平台（自主研发）	Revit、Tekla、Magicad、Rhino（建模类）
Project Wise 信息管理平台（信息存储及共享）	ContextCapture、Descartes（实景模型）
PMS/IMS/DSS 企业信息化平台（自主研发）	SCENE、Pointscene、ReCap（激光扫描及放样） 施工运维 AR 系统（自主研发） Fuzor、lumion（虚拟现实）

3　智慧工地应用

3.1　管理平台概述

项目致力于探索消除数据孤岛、打通数据传递链条、实现数据的自动采集自动监管，企业三大管理平台以及进度计划管理系统，是信息管理的核心大脑，对各方~~各~~面进行着分析和指挥。在项目上尝试将各平台数据进行整合，通过统一的数据标准、接口标准相互关联，实现数据的互通和共享。以施工现场管理系统为核心，打通项目信息横向传递链条，为项目管理服务。同时打通计划、成本等信息的竖向传递链条，为企业管理、决策服务。

智慧工地各平台协同工作流程如图 ~~5~~3 所示。

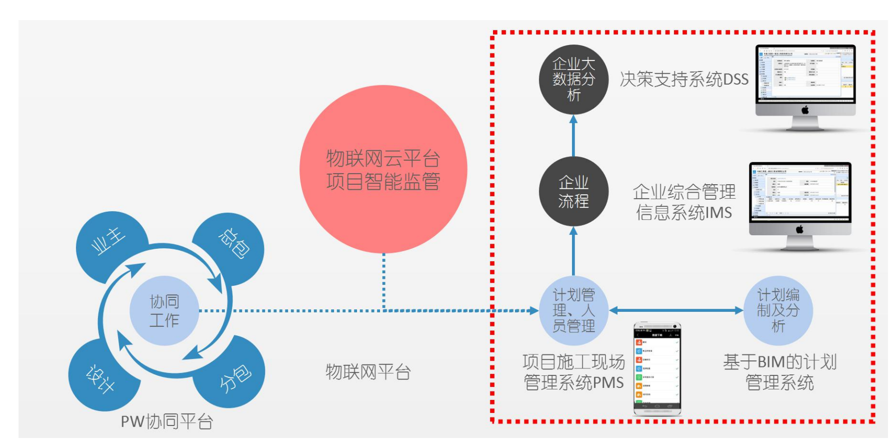


图 5 3 智慧工地各平台的协同工作

3.2 各管理平台应用情况

3.2.1 公司纵向层面管理

公司层面，应用了自主研发的三大平台（图 4）：

1）①决策支持平台(DSS)

集成企业主要运营指标、风险预警的化解情况、为企业决策提供大数据支持；。

2）②综合管理信息系统(IMS)

企业内控流程管理平台，对企业运营风险进行管控；

3）③项目现场管理信息系统(PMS)

为项目现场管理提供支撑与服务的信息化应用工具。

三个系统分别满足三个管控层级不同的管理需求，通过统一的数据标准、接口标准相互关联，实现数据的互通和共享。而智慧工地云平台则是为三大管理系统提供数据支持、监管项目的“耳目”。



图 64 纵向数据管理示意图

3.2.2 基于 BIM 的进度管理

自主研发的基于 BIM 的施工项目总承包进度计划管理系统为项目提供快速参数化编制计划、线性分析优化、过程工作面可视化管理等功能，显著提高了计划的编制效率和可执行性提高工程进度管控能力[2]。

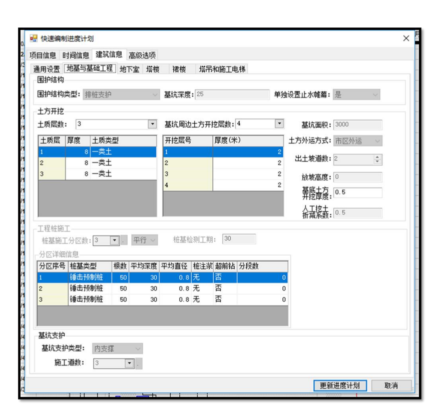
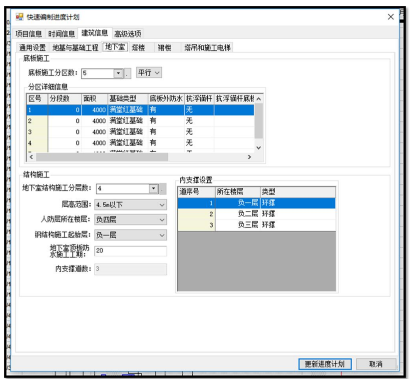
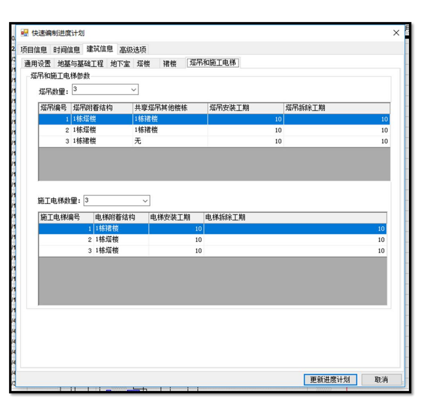
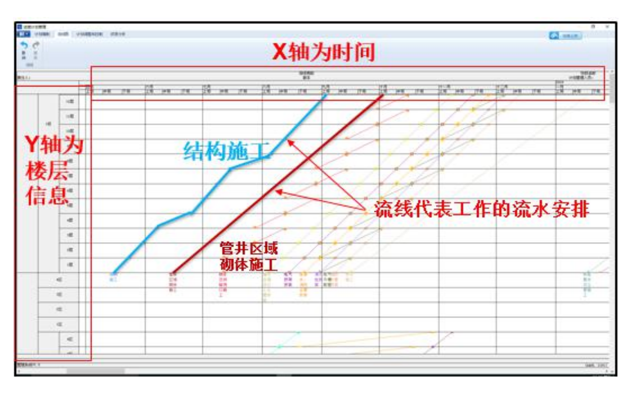




图 57　通过参数快速生成总控计划



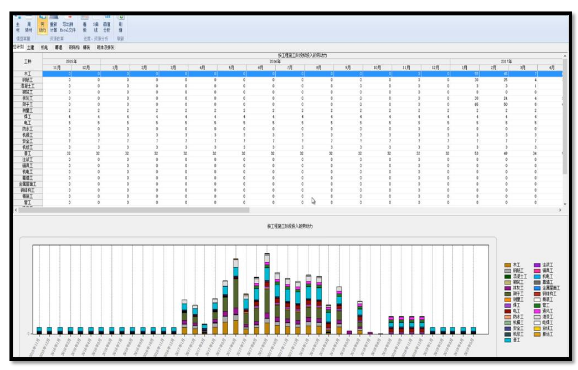


图 68　计划分析

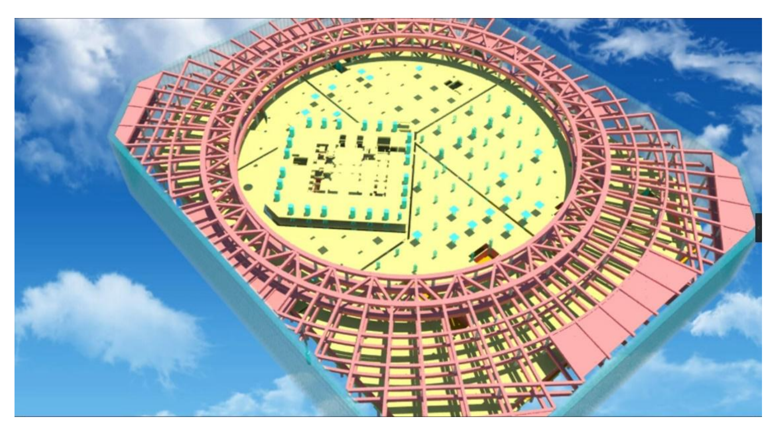
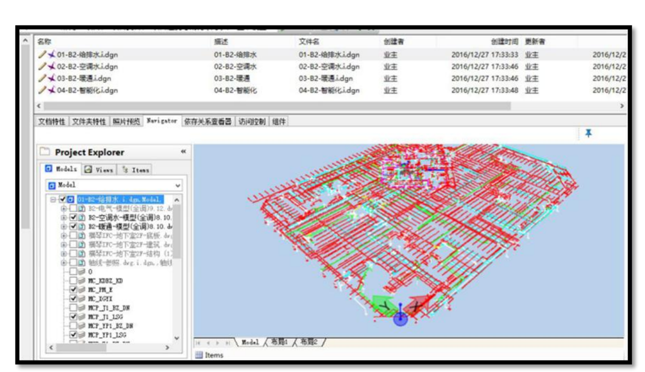


图 79　自动生成施工模拟

3.2.3　PW 协同管理平台

作为超高层大型公建项目，项目参建单位众多，通过 PW 平台及项目管理系统实现跨专业的数据共享和交流，通过高效的检索和数据储存，解决各参建方信息交互的问题(图 108)。



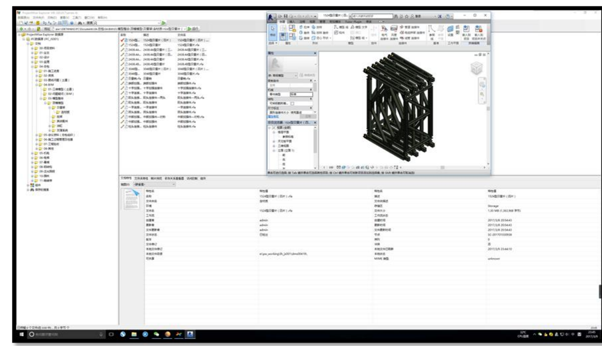


图 108　PW 平台查看模型，模型检索

3.3　BIM 相关应用

3.3.1　BIM 建模

为提高设计施工协同效率，基于设计图所做的单专业模型绘制，旨在于以三维的角度对二维设计的空间结构、复杂节点等进行图纸复核审查，查缺补漏纠错优化，避免现场返工，达到提高效率、节省成本的目的。如图 9 所示。

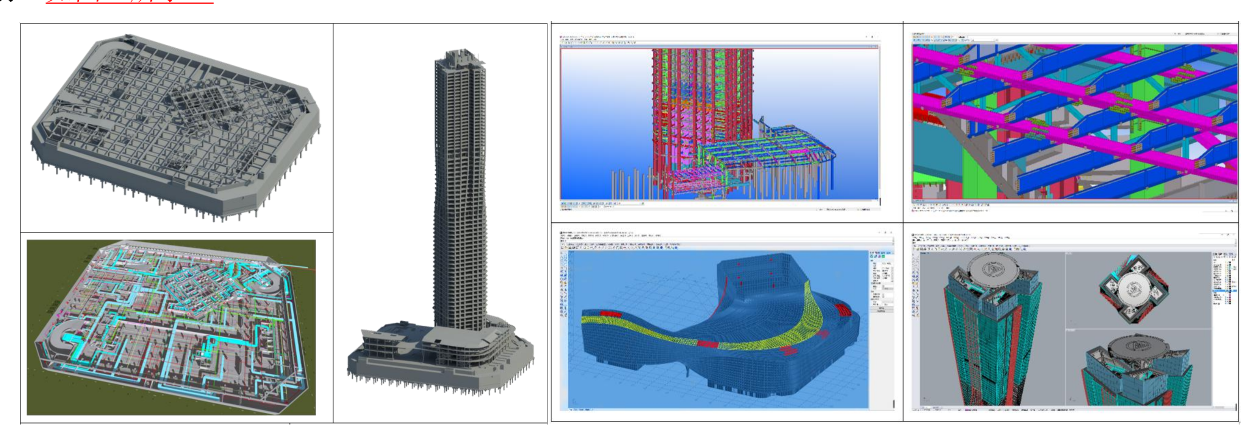


图 ~~11~~9　建立各专业模型

3.3.2　深化设计

项目施工模拟根据建筑主体结构特点，以满足施工安全和主体结构施工要求为前提，建立顶模系统中标准构件族库，包括贝雷片、立柱、挂架立杆、翻板、模板等标准化构件,对顶模系统进行模数化设计。对顶升过程进行模拟，对顶模模型的安全防护、操作空间等进行检查。尽量考虑到顶模施工过程中的各种工况，确认设计符合安全要求和施工便利性[3]。如图 10 所示。

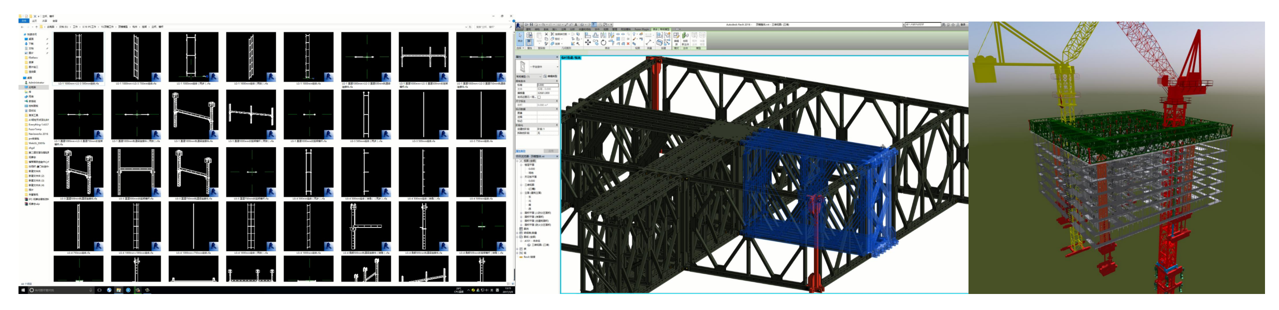


图 10~~2~~　顶模深化设计及工况模拟

3.3.3　实景建模、激光扫描及智能放样

项目采用无人机倾斜摄影建模，可视化地的对场地进行规划，~~。~~并采用无人机巡检，提升项目巡检效率。为解决裙楼钢构与幕墙的精确定位和放样、保障管道复杂区域的深化设计可执行性，项目综合采用激光扫描仪和放样机器人。采用激光扫描快速、精确地的采集点云数据，用于实测实量、深化设计验证、空间定位。采用智能全站仪对定位数据进行精准放样，实现施工现场的高效精确定位及放样[4]。如图 11-13 所示。

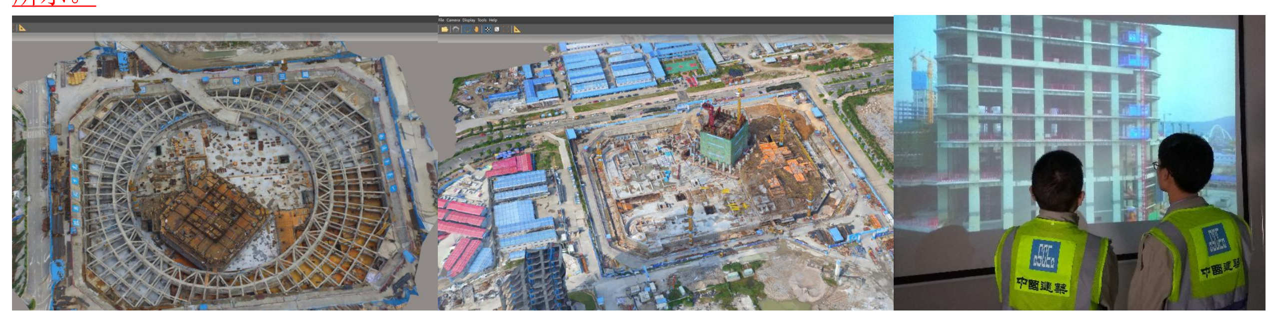


图 1~~3~~1　无人机实景建模、场地规划、空中巡检

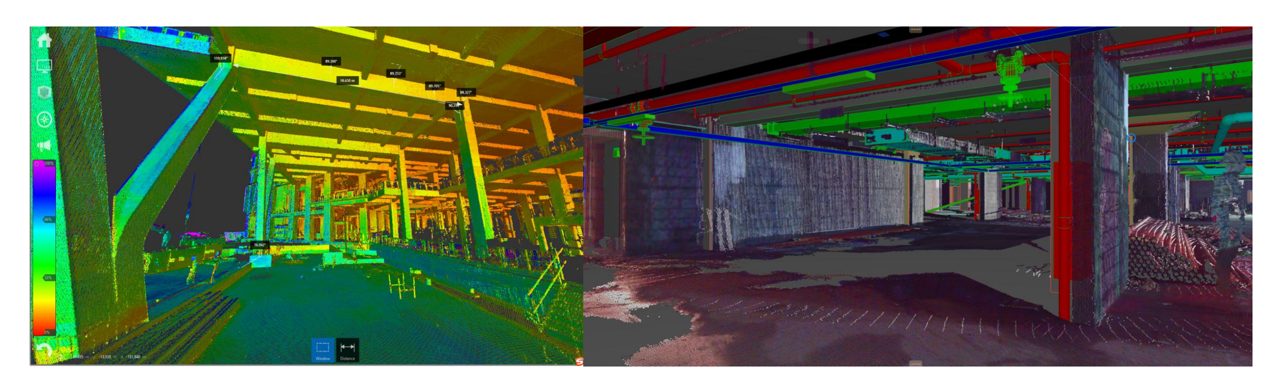


图 142 激光扫描测量高大空间、扫描点云与模型的对比、辅助调整机电模型



图 153　利用带智能放样机器人实现精确高效的放样

3.3.4　其他 BIM 探索

1）3D 打印

项目将 BIM 三维场地布置模型通过 3D 打印技术将模型打印成立体、直观、真实的 BIM 沙盘模型，在沙盘上对现场的布置进行部署、规划和演练，可以更加直观、深刻的反映项目 CI 设计及布置情况。如图 14 所示。

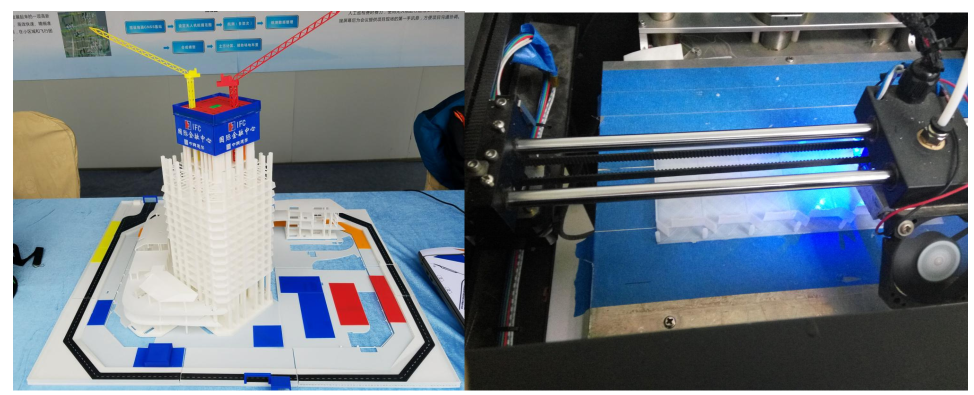


图 164　项目沙盘

2）VR 应用

在设计中，利用 VR 进行沉浸式体验，虚拟实境给人更直观的感受，在顶模施工模拟推演、机电深化设计方案核查中比平面的屏幕更容易发现问题，更有利于方案调整。如图 15 所示。

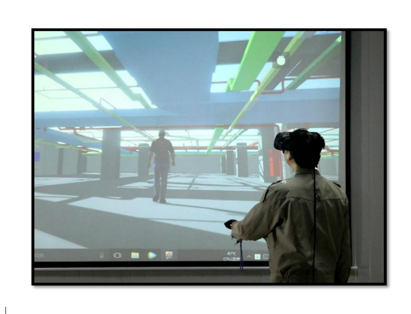




图 175　VR 用于方案体验

3）AR 应用

：本项目 AR 应用处于探索阶段，实验性地的研发了 AR 施工、运维系统，将 BIM 模型加载到平板中，项目精确设置二维码，扫描二维码后，即可通过平板查看模型，即可将待施工的模型叠加在现实的图像中，辅助管理人员掌握现场的复杂状况。运维阶段可以帮助管理者查看隐藏在墙后的管道模型，查看相关信息如流量、功率，如果是加装了控制器的线路，还可以控制其开关。如图 16 所示。

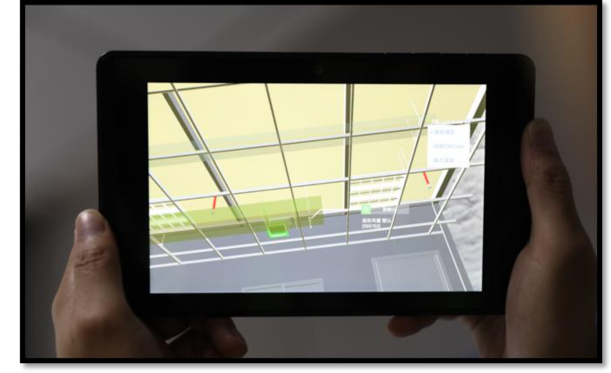



图 186　AR 辅助施工、运维

3.4　智慧工地物联网云平台

3.4.1　物联网应用概述

智慧工地物联网平台，是建立在 BIM、物联网、云计算、移动互联网、大数据等信息技术之上的工程信息化建造平台，它是信息技术与先进工程建造技术的融合，其中最关键的是应用数据的收集和分析，有了数据的有效分析，才能通过数据来支撑项目管理。 基于行业发展现状，我们制定了“分三步走”的智慧工地物联网发展计划（（见图 179）：

1、集成物联网数据

项目人员管理、材料管理、现场管理、技术管理、质量管理、安全管理、进度管理、用水用电管理、绿色施工管理、顶模自动化等十几项应用点上进行数据收集。

2、实现大数据分析

通过数据的积累实现大数据分析，通过数据分析来改进业务效率，为精益建造、绿色施工提供数据支撑。

3、实现BIM、物联网的信息联动分析改进业务流程

实现对施工现场人、机、料、法、环的全面监控与分析，实现项目业务流程的全面管控和流程改进，不断提升建筑工地的精益生产管理水平。

图 197　物联网发展规划

本项目物联网应用范围涵盖人员管理、大型设备管理、质安管理、环境及能耗管理、材料管理五大模块。

物联网的工作流程如（见图 1820 所示）。：由工地现场各传感器的数据采集，经过数据处理后，通过通用无线传输模块把数据上传到云平台，在云平台处理分析数据，各监管部门根据云平台大数据进行分析决策。



图 2018 物联网数据传输流程

3.4.2 人员管理应用

1）人员管理概述

：主要进行施工现场的人员管理，快速了解现场作业人员的情况，同时将管理人员考勤、保安巡更巡检、车辆进出登记等纳入项目智能物联网进行综合管理，完善项目非作业人员、车辆的管控。

2）施工现场人员管理

：项目在工地门口，及关键区域的出入口加装了 RFID 感应器，在安全帽内加装预载人员身份信息的 RFID 芯片，对进场作业人员进行进退场考勤登记及资质认证，自动统计区域作业工种及人数上传至平台。精确管理工人在各个楼层工作面上的人员数量、专业、工作时间等，为精细化的人员管理提供数据支持。如图 19 所示。

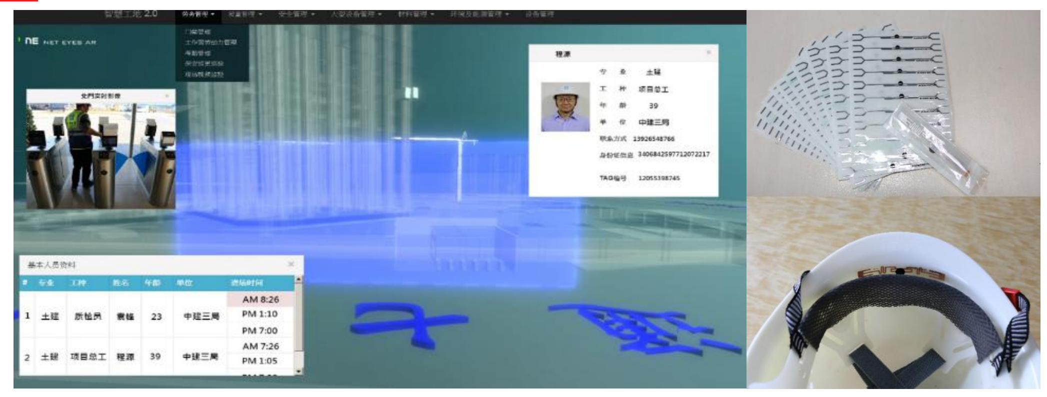


图 2119 RFID 监管人员在各区域的出入时间

3）巡更巡检管理

：在巡检点设置二维码，指定人员需在规定时间沿巡更路线扫码进行签到，文字、拍照或语音进行巡检情况汇报，上传平台进行归档。

4）进出车辆自动登记管理

：在施工现场主要出入口加装高清摄像头，对进出施工现场的车辆进行拍照登记，包含车辆牌照号码，

车型，车辆进出场时间，数据上传平台进行归档。如图 20 所示。



图 220　巡更巡检及车辆进出记录

3.4.3　质安管理应用

质安管理概述：主要对大体积混凝土无线测温、高支模变形监测、视频监控、区域管制报警等零散的应用集成到平台中统一管理，并通过开发手机端 aAppPP 方便项目管理人员查看数据。

管制区域报警系统是现场临边洞口边缘或限制进入的区域入口设置移动式感应装置器，当有人员进入红外人体感应器的监测范围时报警，相关警告上传云平台。视频监控是将监控设备的位置在三维模型中标记，通过模型可以直接点开监控点，进行视频影像查看。如图 21 所示。



图 231　管制区域报警及视频监控

大体积混凝土无线测温采用常规的混凝土无线测温设备，通过加装数据中继器将数据传到云端数据平台，通过电脑查看数据变化曲线，确保大体积混凝土浇筑质量。

高支模监测使用形变式测量构件，实时监测高支模杆件变形、进行超限预警，并通过声光进行报警。相关数据上传平台，及时报警处理。如图 22 所示。

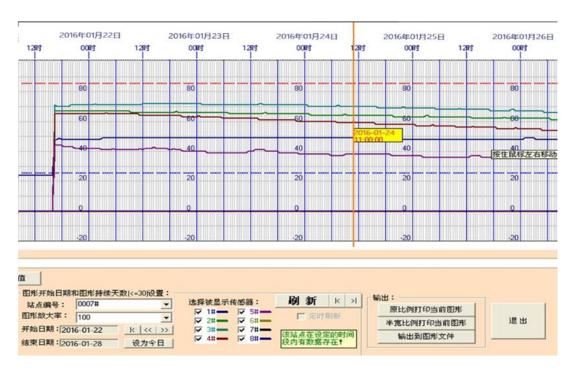






图 242 无线测温及高支模监测

3.4.4 大型设备管理管理应用

1）塔吊、电梯、顶模平台

塔吊、电梯、顶模平台是工作业中最重要的施工机械，保证它们的安全使用，对保障施工安全、进度有着重要的意义。平台通过传感器对大型机械运行全过程进行监控、记录，及时预警。

2）塔吊防碰撞及监控系统

：实时监测塔吊运行情况，包括塔吊转角、大臂仰角、风速、载重、幅度等数据，为塔机碰撞以及塔机超载提供实时预警，并进行制动控制。

3）顶模监控系统

：主要包括液控系统和电控系统两个分系统，实现对各个主缸联动、同步控制和各支小油缸的控制，通过传感器监测构件应力应变变化，监测平台平衡，保证顶模顶升安全。如图 23 所示。



图 253 塔吊及顶模监控系统

3.4.5 环境监测及能耗管理应用

设置自动监测环境仪器，对施工现场的 PM2.5、噪音及污水等信息进行实时监测，通过数据分析并处理项目环境、能耗情况，满足绿色施工的监管要求，自动化进行绿色施工分析。如图 24 所示。

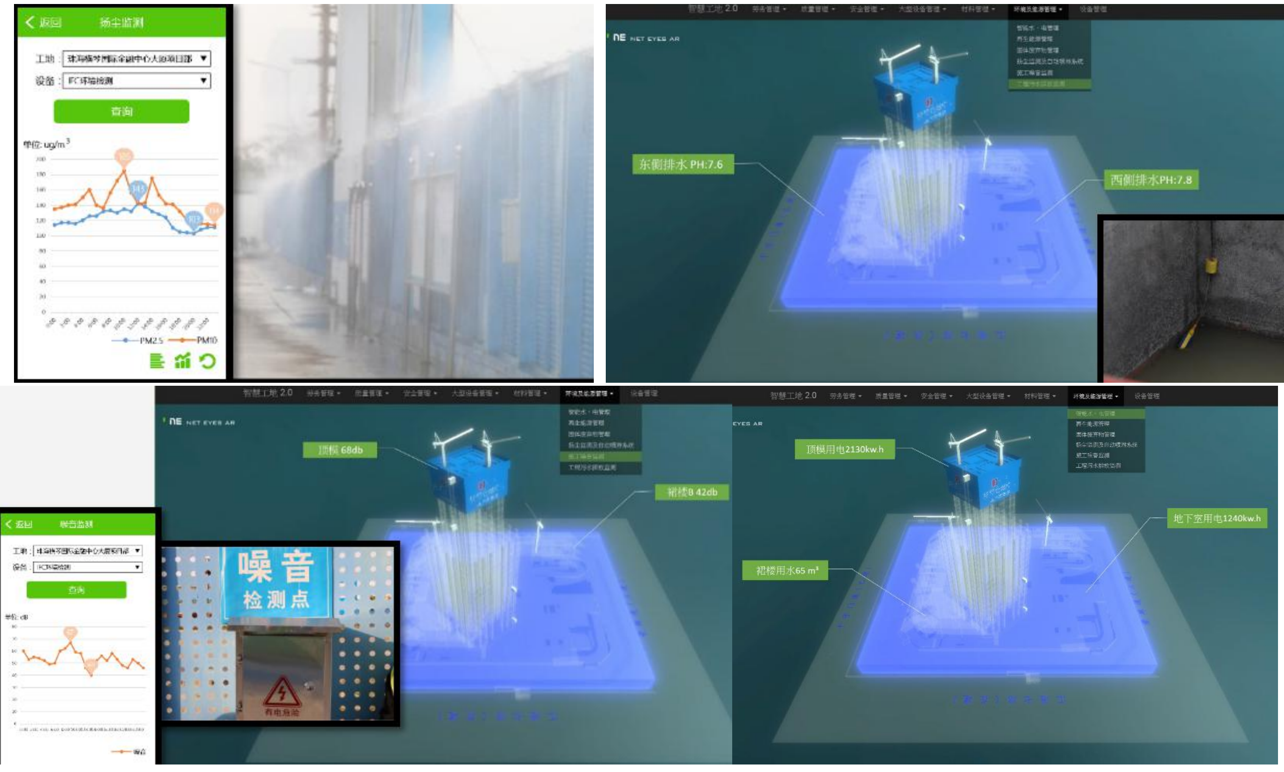


图 264 按顺时针顺序依次是：扬尘监测及自动喷淋，污水监测、用水用电管理、噪音监测

3.4.6 材料管理应用

材料管理方面，主要是智能地磅和仓库材料的信息化管理的应用。

智能地磅是指：在地磅称重系统上加装传感器及摄像机，在材料车辆进场和出场分别进行称重，对下料净重进行计算、拍照记录，将数据进行上传在平台中自动形成材料进场报表。

仓库材料的信息化管理：项目各类物资入场时生成并粘贴相应二维码，物资调配时需通过扫描二维码进行材料提取，入库及调配信息将实时传输至智能云平台系统。如图 25 所示。



序号	物资名称	编号	验收人员	验收时间
1	干粉灭火器	MHQ-001	荣涛	2016.12.13
2	干粉灭火器	MHQ-002	荣涛	2016.12.13
3	干粉灭火器	MHQ-003	荣涛	2016.12.13
4	干粉灭火器	MHQ-004	荣涛	2016.12.13
5	干粉灭火器	MHQ-005	荣涛	2016.12.13
6	干粉灭火器	MHQ-006	荣涛	2016.12.13
7	干粉灭火器	MHQ-007	荣涛	2016.12.13
8	干粉灭火器	MHQ-008	荣涛	2016.12.13
9	干粉灭火器	MHQ-009	荣涛	2016.12.13
10	干粉灭火器	MHQ-010	荣涛	2016.12.13
11	干粉灭火器	MHQ-011	荣涛	2016.12.13
12	干粉灭火器	MHQ-012	荣涛	2016.12.13
13	干粉灭火器	MHQ-013	荣涛	2016.12.13
14	消防桶	XFT-001	王英	2016.12.26
15	消防桶	XFT-002	王英	2016.12.26
16	消防桶	XFT-003	王英	2016.12.26
17	消防桶	XFT-004	王英	2016.12.26
18	消防桶	XFT-005	王英	2016.12.26
19	消防桶	XFT-006	王英	2016.12.26

图 275 智能地磅称重和材料出入库管理

4 应用效果

通过将工地视作有机体进行智慧工地实践和研究，提升了设计、施工管理效率，节约了沟通时间和施工工期，实现了施工现场精细化的管理，产生了良好的经济和社会效益。经统计如下：

(1) 发现结构图纸问题 167 条，建筑图纸问题 36 条；

(2) 共发现并解决碰撞问题 3 万余个，出深化图共 5 类，、36 张；

(3) 节点深化设计 50 余个；

(4) 辅助施工方案交底 30 个；

(5) 召开了全国智慧工地现场观摩会、珠海市安全观摩会、横琴区智慧工地观摩会。

(6) 提高顶模设计加工效率 50%；

(7) 智慧工地云平台上线后，项目管理能力显著提高。上线运行后累计测试、记录现场人员 546 人，累计运行 104 天，记录人员工时 112 156 小时 h；监测区域报警数量 16 次，顶模及塔吊预警 9 次；监测扬尘、污水、噪音、用水用电 103 天，整改问题 7 个，有效节水 563 立方 m^3，节电 1 200kw.h。

(8) 智能地磅累计称重 2 653 次，其中入库数据（含冗余数据）33 265 条，取稳定值 2 653 次。仓储信息化管理试运行中，入库 32 次，出库 27 次，取得了良好的研究实验效果。

5 总—结

本项目在多方协同工作、深化设计、实景建模、激光扫描及放样、AR、物联网集成应用等方面进行了深入的探索尝试，取得了一定成效，但仍存在一些问题需要进一步改进。

(1) (1) 综合运用的平台太多，运用流程尚不完善

：目前协同工作流程还处于探索阶段，效率不高，需要不断完善各单位的协同工作流程，转变传统项目管理思路，重复利用好智慧工地新工具。

(2) (2) 人才培养

：通过完善相关激励、考核制度，通过多层次系统培训，重点加强智慧工地相关应用实践能力的培养，提高人员专业素质。

(3) (3) 探索创新

继续深入探索研究，继续创新，将更多的应用标准化，集成在智慧工地物联网云平台中，向精益建造的目标继续迈进。

参考文献

[1] [1]何波. BIM软件与BIM应用环境和方法研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2013, 5(5): 1-10.
[2]周永明, 寇广辉, 苏浩. 广州琶洲眼项目BIM综合应用技术总结[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(2): 23-31.
[23]周永明, 寇广辉, 苏浩. 保利国际金融城BIM技术应用总结[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(3): 25-30.
王理, 孙连营, 王天来. 互联网+建筑:智慧建筑[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(6): 84-90.
[34]王理, 孙连营, 王天来. 互联网+建筑：智慧建筑[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(6): 84-90.
周永明, 寇广辉, 苏浩. 保利国际金融城BIM技术应用总结[J]. 土木建筑工程信息技术, 2017, 9(3): 25-30.

Integrated Application of Intelligence Construction in Zhuhai Hengqin International Financial Centre

Zhou Yongming，Su Zhang，Su Qianguang

(China Construction Third Bureau First Construction Engineering Co., Ltd., Wuhan 430000, China)

Abstract: The Zhuhai Hengqin International Financial Centre research on collaborative platform, BIM, Internet of things based on the idea of the smart site. On the one hand, Link the data transfer chain and eliminating data islands. On the other hand, Using AR, VR, UAV, laser scanning and other advanced equipment to assist in further design and construction simulation verification scheme feasibility. Finally, the Internet of things platform is dedicated to the automatic collection, monitoring and analysis of field data, providing a solid data base for project management.

Key words: Intelligent Construction, collaborative work, BIM, Internet of Things, cloud platform, integration, personnel management.

名称：中建三局第一建设有限责任公司
纳税人识别号：914201007483157744
地址电话：武汉市东西湖区台商投资区东吴大道特 1 号 83261546
开户行及账号： 交行东西湖支行 421868088018001267798

[4]周永明, 寇广辉, 苏浩. 广州琶洲眼项目BIM综合应用技术总结[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(2): 23-31.

Integrated Application of Intelligence Construction in Zhuhai Hengqin International Financial Centre

Zhou Yongming，Su Zhang，Su Qianguang

China Construction Third Bureau First Construction Engineering Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430000

Abstract: The Zhuhai Hengqin International Financial Centre research on collaborative platform, BIM, Internet of things based on the idea of the smart site. On the one hand, Link the data transfer chain and eliminating data islands. On the other hand, Using AR, VR, UAV, laser scanning and other advanced equipment to assist in further design and construction simulation verification scheme feasibility. Finally, the Internet of things platform is dedicated to the automatic collection, monitoring and analysis of field data, providing a solid data base for project management.

Key words: Intelligent Construction, collaborative work, BIM, Internet of Things, cloud platform, integration, personnel management.

名称：中建三局第一建设有限责任公司
纳税人识别号：914201007483157744
地址电话：武汉市东西湖区台商投资区东吴大道特 1 号 83261546
开户行及账号：交行东西湖支行 421868088018001267798